

# 修士論文概要書

## Summary of Master's Thesis

Date of submission: 1 / 31 /2012 (MM/DD/YYYY)

専攻名（専門分野） Department	情報理工学専攻	氏 名 Name	吉永 真人	指 導 教 員 Advisor	甲藤 二郎 印 Seal
研究指導名 Research guidance	画像情報研究	学籍番号 Student ID number	5110B135 CD -8		
研究題目 Title	海中センサネットワークにおける Continuous と Selective との Hybrid ARQ を用いた MAC プロトコル評価				

### 1. はじめに

近年、Underwater Acoustic Sensor Networks (UWASNs) は海中の観測データを収集する海中センサネットワークとして注目を浴びている。しかし、海中における無線音波通信は利用帯域の制限、音波速度に起因した高伝搬遅延、様々な雑音による高誤り率という、非常に厳しい環境において行われる。そのため、既存の陸地無線とは異なる UWASNs 向けのデータリンク層(MAC 層)やネットワーク層プロトコルの研究が多くなされている。

本研究では、UWASNs において、MAC プロトコルの機能である信頼性を向上させるための自動再送制御(ARQ)およびアクセス制御に着目した。ARQ に関しては、従来手法である Selective と Continuous ARQ とを組み合わせた手法を提案する。また、アクセス制御には IEEE802.11 をベースとした CSMA/CA を用い、海中無線通信仕様に再設計を行う。本稿では、この二つの機能を実装し MAC プロトコルとして、シミュレーション評価を行う。

### 2. 従来研究

#### 2.1 UWASNs 特性[1]

海中における通信には電波ではなく音波を用いる。海中での音波速度は水温や深さ、塩分濃度によって変化しおよそ 1500[m/s]となる。また、水中での吸収減衰は電波と比較し低いものの、波や風などの海中環境からの影響を受けやすい。さらに、反射によるマルチパスフェージングも起こりやすい。利用帯域の制限もあり、狭帯域/高遅延/高エラーレートの通信環境となる。

#### 2.2 UWASNs における ARQ と MAC プロトコル

高エラーレート環境である海中音波通信においても、再送制御(Automatic Repeat-Request, ARQ)が必要となる。ARQ の最もシンプルで著名な手法である Stop-and-Wait ARQ(S&W)が海中通信にも標準的に用いられている。また、多くの実装実験でそのプロトコルスタックが参照されているネットワークプロトタイプ Seaweb[2]では、S&W ライクな Selective ARQ が用いられている。この Selective ARQ は複数のデータに対してまとめて一つの確認応答(ACK)を送信する手法である。さらに、送信側が ACK を待たずに送信し続ける Continuous ARQ として、陸地の全二重通信向けに Go-Back-N ARQ や Selective Repeat ARQ が提案されている。海中無線通信向けの Continuous ARQ として JSW [3]が挙げられる。

また、UWASNs において複数のノードが競合するような通信環境を想定した場合、アクセス制御が必要となる。UWASNs 向けに IEEE802.11 をベースとした CSMA/CA の仕様変更やパラメータチューニングが行われ、アクセス制御として用いられている[4,5]。UWASNs 仕様とは特に高伝搬遅延を考慮し、NAV、ステート管理などに変更を加えている。

### 3. 提案手法

#### 3.1 Selective と Continuous との Hybrid ARQ

本研究では、チャンネル使用率を最大限に高めるため、Selective と Continuous ARQ との組み合わせ手法を提案する。Selective ARQ は上位層から来たデータをフラグメンテーションし、細かくしたフレームを連続的に送信し、それに対し ACK/SRQ を待ち、誤りが生じていたフレームのみを再送することで ARQ としてのチャンネル使用率を高めようという手法であった。しかし、上位層から来たデータが非常に大きい場合、分割したフレームの全てを連続して送信した後に 1 つの確認応答を待つことは、受信側のバッファや End to End での遅延を考えると非現実的であり、ある決まったフレーム数に対し、1 つの確認応答を待つことが現実的である。しかし、その場合、必ず確認応答の待ち時間が生じ、UWASNs の高遅延環境下ではその影響を無視することはできない。

Continuous ARQ の一種である JSW は、UWASNs の高伝搬遅延を逆手に取り、連続的にデータを送信することで、チャンネルの使用率を高めることに成功した画期的な手法である。しかし、1 フレームに対し 1ACK を返すという点では S&W ARQ と変わらず、UWASNs が低帯域であることを考えると、ACK 程のパケット長が短いパケットでさえも数を重ねれば当然オーバーヘッドとして、チャンネルの使用率を低下させる一因となりかねない。また、文献[3]では Delayed ACK 適用の可能性について触れるにとどまり、実際に実装し成果を示してはいない。

そこで、この 2 つの手法を組み合わせた Selective +JSW なる Hybrid ARQ 手法を提案する。そのフローを図 1 に示す。本手法により、限りなくチャンネル使用率を 1 に高めることが可能となる。

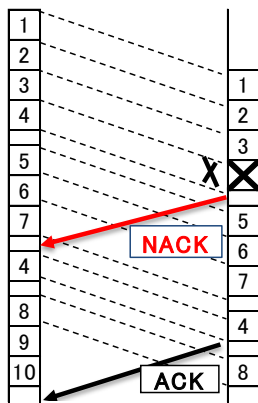


図 1 Selective+JSW の Hybrid ARQ

### 3.2 UWASNs 向け IEEE802.11 CSMA/CA

ノードが競合するような環境下では、UWASNs においても当然アクセス制御が必要となる。本稿では、IEEE 802.11 CSMA/CA をアクセス制御として用いる。[4,5]を参考にし、ステート管理や高伝搬遅延を考慮した NAV の設定を行った。しかし、オリジナルの IEEE 802.11 の CSMA/CA や[4,5]の NAV 設定がそうであるように、これらの NAV は S&W ARQ を前提として設計されている。本研究では、S&W に加え、Selective、JSW、そして Hybrid 手法の運用を考え、UWASNs 特有の伝搬遅延を考慮し、各種 ARQ 向けの NAV についての設定を行っている。さらに、新たな NAV 設定として、RTS,CTS,DATA の送信者が Sender の ACK 受信時間を計算し、その【時間間隔】を周辺ノードに知らせる既存手法ではなく、【終了時刻】を周辺ノードへと知らせる手法を提案する。

### 4. シミュレーション評価

Ns-2 を用いてシミュレーション実験を行った。Underwater モデルとして[6]から与えられたモジュールを組み込んだ。トポロジーは図 2 とし、2flow ともノード 1 を経由する。条件およびパラメータは表 1 とする。CSMA/CA のパラメータは UWASNs 仕様にチューニングしている。結果を図 3 に示す。

結果より RTS/CTS ハンドシェイクや海中通信仕様のバックオフの影響により全体的にチャネル使用効率は低い。しかし、複数ノードが競合するため、これらの制御は必須である。ARQ としては組み合わせ手法がややチャネル使用率が良い。提案手法は最大限にチャネルを使用しているものの、バックオフ時間やハンドシェイク時間に多くの時間を割いてしまっているため、その効果は出にくい。CSMA/CA のパラメータは競合するノード数などによって決められるべきであり、ネットワークのパフォーマンスに大きな影響を与えと考えられる。

### 5. まとめ

本研究では、UWASNs において、自動再送制御 (ARQ) およびアクセス制御に着目した。ARQ に関しては、従来手法である Selective と Continuous ARQ とを組み合わせた手法を提案した。また、アクセス制御には IEEE802.11 をベースとした CSMA/CA を用い、海中無線通信仕様に再設計を行った。シミュレーション実験により、UWASNs のような高遅延、高誤り率、環境下ではフレームを連続的に送信する Selective や

Continuous、さらに提案手法であるそれらを組み合わせた手法がチャネルの使用効率を高め、ネットワークパフォーマンスを高める ARQ であることを示した。

表 1 パラメータ

Routing Protocol	UDP
MAC Protocol	IEEE 802.11
RTS/CTS	ON
Data Rate	5[Kbps]
Transmission Range	1000[m]
Data Size	4[Kbyte]
Number of Fragmentation	16
Frame Size	256[byte]
Packet Header Size	10[byte]
Control Packet Size	10[byte]
Selective ARQ	8Frame/1ACK
BER	0
Slot Time	0.8[s]
SIFS	0.00001[s]
DIFS	1.6[s]
CW <sub>min</sub>	5
CW <sub>max</sub>	31

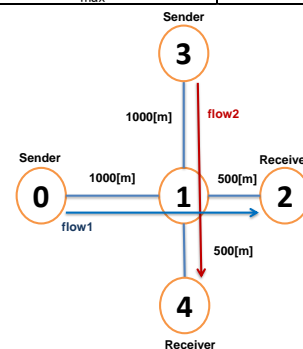


図 2 クロストポロジ

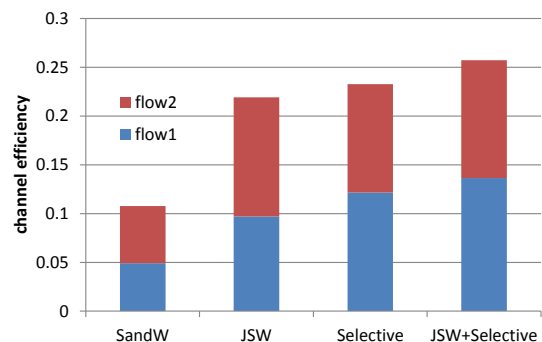


図 3 シミュレーション結果

### 参考文献

- [1] I.F. Akyildiz et al, "Underwater Acoustic Sensor Networks: Research Challenges", Ad Hoc Network, Vol1.3, pp.257-279, Feb. 2005
- [2] J.Rice, "Seaweb Acoustic Communication and Navigation Networks", In Proc. Int. Conf. Underwater Acoustic Measurements: Technologies & Results, July 2005.
- [3] M. Gao, W.-S. Soh, and M. Tao, "A Transmission Scheme for Continuous ARQ Protocols over Underwater Acoustic Channels," in Proc. of IEEE ICC, Jun. 2009.
- [4] D. Shin and D. Kim, "A dynamic NAV determination protocol in 802.11 based underwater networks," in Proc. IEEE ISWCS '08, Reykjavik, Iceland, October 2008.
- [5] Dong Fang, Yu Li, Haining Huang, Li Yin. "A CSMA/CA- Based MAC Protocol for Underwater Acoustic Networks". Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM), 2010 6th International Conference on Chengdu. 23-25 Sept. 2010.
- [6] Albert F. Harris III and Michele Zorzi, "Modeling the Underwater Acoustic Channel in ns2", NSTools 2007, Oct. 2007.